Beitrag zur Biologie der Honigbiene.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen philosophischen Fakultät (2. Sektion)

der

Kgl. Bayer. Maximilians-Universität München

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt am 20. Juni 1912

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

von

Leo von Dobkiewicz
aus Kieff (Polnisch-Südrussland).

Erlangen.
K. B. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Junge & Sohn.
1912.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548309_0061

Inhalt.

Seite

I. Fragestellung 5
II. Geschichtlicher Überblick 5
1. Farbensinn der Biene 5
2. Lernvermögen der Biene 12
III. Experimenteller Teil 14
Serie I: Farbensinn 15
a) Experimente 15
b) Erläuterung der Experimente 18
Serie II: Gedächtnis 21
a) Experimente 23
b) Erläuterung der Experimente 26
Serie III: Sehvermögen 27
a) Experimente 27
b) Erläuterung der Experimente 31
IV. Schluss 33
V. Literaturverzeichnis 34
VI. Lebonslauf 36

I.

Fragestellung.

Die Anregung zu vorliegender Arbeit verdanke ich Herrn Professor Doflein, der mir die Aufgabe stellte, nachzuprüfen, ob und inwieferne sich die Bienen an bestimmte Farben gewöhnen lassen.

Bei näherer Betrachtung zerfällt dieses Problem in zwei Fragen:

I. Besitzen die Bienen ein Unterscheidungsvermögen für die Farben und lassen sie sich beim Aufsuchen des Futters von demselben leiten?

II. Wenn dies der Fall ist, wird das Verhalten der Bienen zu den Farben durch die vorausgegangene Erfahrung bestimmt, dass gewisse Farben gewöhnlich mit gewissen Vorteilen für sie verbunden sind? Oder besitzen die Bienen ihre Lieblingsfarben und werden zu ihnen rein reflektorisch durch eine Art von passivem Chromotropismus geleitet?

Ich muss schon an dieser Stelle bemerken, dass die Entscheidung der Frage, ob die Bienen einen richtigen Farbensinn besitzen, oder ob sie farbenblind sind und nur die einzelnen Farben als quantitative Helligkeitsgrade wahrnehmen, von mir nicht untersucht worden ist und daher im folgenden unberücksichtigt bleiben muss.

Ehe ich zur Darstellung der Experimente übergehe, scheint mir eine eingehendere Besprechung der Literatur geboten.

II.

Geschichtlicher Überblick.

1. Farbensinn der Honigbiene.

Das komplizierte Leben der sozialen Bienen ist schon seit langem Gegenstand ausführlicher Auseinandersetzungen und Erörterungen geworden. Die hervorragendste Rolle bei diesen Erörterungen spielt der Farbensinn der Biene, die als Hauptbefruchterin unserer Blumenpflanzen das allgemeine Interesse der Biologen beansprucht, denn an die Entscheidung dieser Frage knüpft sich eines der bedeutendsten biologischen Probleme, die Auffassung der Wechselbeziehung zwischen Pflanzen und Insekten.

Weismann betrachtet es in seinen „Vorträgen über Deszendenztheorie (Bd. I, p. 149) als feststehende Tatsache, dass die mannigfaltigen Formen und glänzenden Farben der Blumen als Ausdruck der Naturzüchtung entstanden sind und dass sie das Resultat der Anpassung der Pflanzen an die blütenbesuchenden Insekten dar-

stellen, ebenso wie die mannigfaltigen Einrichtungen der blumenbesuchenden Insekten als Anpassung derselben an die nektartragenden Blüten erscheinen.

Die Farbe ist also nach ihm der Hauptfaktor, der beim Anlocken der Insekten tätig ist.

Zu dieser Behauptung ist Weismann hauptsächlich auf Grund der älteren Arbeiten von Sprengel, Darwin, H. Müller, Delpino u. a. gekommen. Diese Autoren betrachteten die bunt gefärbten und mannigfach gestalteten Kronen der Blumen als Signal zum Anziehen der die Befruchtung übermittelnden Insekten. Auch der Duft der Blumen wurde von ihnen bereits in Betracht gezogen, ihm aber nur eine geringe Rolle zugeschrieben.

Die Arbeiten Lubbock's, der sich ebenfalls mit der Bestimmung der „Lieblingsfarbe" der Bienen beschäftigte, brachten nicht viel Neues in die Frage. Erst der Genter Professor Plateau veröffentlicht in den Jahren 1876—1908 eine größere Anzahl von Abhandlungen, in welchen er auf Grund zahlreicher Experimente diese ausschließliche Funktion der farbigen Teile der Blumenkrone bezweifelte. Beim Nachprüfen des Farbensinnes der Insekten geht Plateau ebenso wie seine Vorgänger auf diesem Gebiete von den Beziehungen zwischen Insekten und Pflanzen aus. Anlass zu seinen Untersuchungen gab Plateau im Jahre 1876 eine Mitteilung La Valette's, der eine *Macroglossa* zu den bunten Blumen einer Tapete hatte fliegen sehen, an denen sie versuchte, Honig zu saugen. Das Insekt wurde nach La Valette durch die abgebildete Form und Farbe der Blumen angezogen. Künstliche Blumen aus farbigem Papier oder irgendeinem farbigen Stoff, die die Form und Farbe der echten Blumen nachahmten, sollten ebenso anziehend wirken.

Plateau prüfte diese Angabe mehrmals, indem er „de vrais chefs-d'oeuvre" an Nachahmung von echten Blumen verwendete und einige von ihnen öfters mit Honig füllte. Trotz alledem beachteten die Mehrzahl der Insekten und besonders die am höchsten entwickelten Hymenopteren diese Artefakten durchaus nicht, ja sie schienen sie sogar zu meiden.

Die lebhafte Farbe wirkt also ebensowenig anziehend wie die Form, und wenn die Insekten sich ohne Zögern von ferne auf natürliche Blumen begeben, so werden sie nach Plateau wahrscheinlich durch einen anderen Sinn als nur durch den Gesichtssinn geleitet.

Plateau meinte, dass die genauesten Nachahmungen von Form uud Farbe durch Spiegelbilder zu erzielen seien. Er stellte deshalb in gewisser Entfernung von lebhaft gefärbten und — besuchten Blüten einen großen Spiegel auf, so dass die Blumen sich darin deutlich abspiegelten und von Insekten wahrgenommen werden konnten. Die Insekten flogen jedoch nie nach den Spiegelbildern.

Um den Einfluss der Farbe allein zu prüfen, stellte Plateau zwischen und neben den Trachtblumen auf Ruten befestigte, deutlich sichtbare Streifen aus verschiedenfarbigen Stoffen auf. Auch diese blieben völlig unbeachtet, selbst dann, wenn die echten Blumen verdeckt und unsichtbar gemacht worden waren.

Plateau entfernte mehreren nektartragenden Blumen (zu diesen Experimenten war besonders der Mohn wegen des bedeutenden Unterschiedes seiner intakten und des Perigons beraubten Blumen geeignet) ihre farbigen Bestandteile, also die Blätter der Corolla, und stellte fest, dass solche Blüten trotz alledem eine beträchtliche Anzahl von Besuchen erhielten. Ebenso wurden Blumen, deren Kronen von Laubblättern ganz oder teilweise maskiert worden waren, so dass nur die meist gelben Blumenherzen sichtbar waren, stets von Insekten aufgefunden und stark besucht.

Eine weitere Bestätigung für die Annahme, dass die Farbe nicht der hauptanziehende Faktor sein kann, findet Plateau darin, dass es viele buntgefärbte Blumen gibt, die nie von Insekten besucht werden und dass sich umgekehrt eine große Anzahl von grünen oder grünlichbraunen Blumen findet, die von vielen und den verschiedensten Insekten ausgebeutet werden.

Die Blumen brauchen also nach Plateau's Meinung nicht farbig zu sein, um eine durch die Insekten vermittelte Kreuzbefruchtung zu erreichen, und die Annahme, dass die prachtvollen Farben der Blumen als Anpassung an die Insektenbesucher entstanden sind, erscheint ihm mehr oder weniger hinfällig. Die Schauapparate vieler Pflanzen entwickeln sich früher als die Geschlechtsblüten und werden nie von Insekten untersucht. Die nektartragenden Geschlechtsblüten aber werden trotz ihrer Unauffälligkeit sofort aufgesucht und regelrecht ausgebeutet. Plateau beobachtete die solche Pflanzen besuchenden Bienen und fand, dass sie direkt zu den nektartragenden Organen kamen und von einem zum anderen flogen, ohne die in nächster Nähe befindlichen Schauapparate zu beachten.

Alle diese Umstände veranlassten Plateau zu der Behauptung, dass die Insekten sicher durch einen anderen als den Gesichtssinn zu den Pflanzen geleitet werden und dass dieser Sinn nur der Geruchssinn sein kann. Besonders die Apiden werden viel mehr durch gewisse Düfte angezogen als man gewöhnlich glaubt.

Plateau konstruierte künstliche Blumen aus natürlichen pflanzlichen Bestandteilen (aus grünen Blättern). Der gemischte Chlorophyll- und Honigduft zog mehrere Insekten an. Ebenso erhielten grüne oder grünliche Blüten der windblütigen Pflanzen, die nie Insektenbesuche erhalten hatten, zahlreiche Besuche, wenn sie mit Honig gefüllt worden waren.

Plateau hebt übrigens in mehreren seiner Arbeiten deutlich hervor, dass er nie die Behauptung aufstellte, dass die Bienen keinen

Farbensinn besitzen; er nimmt nur die Möglichkeit an, dass sie die Farben „anders als wir" empfinden können. Auch bezweifelt er nicht, dass die Bienen auf Entfernung die Unterschiede zwischen den Blumen und ihrer Umgebung gewahr werden und dass sie sich bei Anwesenheit von entsprechenden Geruchsreizen zugleich auch nach diesen „visuellen" Wahrnehmungen richten. Er bestreitet nur die Ansicht, dass die Insekten verschiedene „Lieblingsfarben" besitzen, oder dass es Farben gibt, die sie erschrecken. Auch sind nach ihm die Farben nicht ausschlaggebend beim Auffinden der Pflanze, und ihr Anblick genügt nicht, um die assoziative Vorstellung des Vorhandenseins von Futter dabei auszulösen.

Nach der Ansicht Pérez' (1894; 1908) werden die Bienen aus der Ferne durch kräftige Düfte geleitet, die die Blumen verbreiten und die der Luftzug weiter trägt. Auf die Entfernung aber, auf welche diese Insekten sehen können, hilft ihnen der Gesichtssinn, um den Ort, wo sich Nektar befindet, aufzusuchen. Deswegen fliegen die Bienen zu den farbigen Artefakten, wenn diese in der Nähe stark duftender, versteckter Blumen aufgestellt werden; in nächster Nähe jedoch merken sie ihren Irrtum und fliegen weiter, ohne sich auf die künstlichen Blumen niederzusetzen. Der Duft aber hält sie zurück und sie suchen die Umgebung ab, bis sie schließlich die versteckten Blumen entdecken. Um bei solchen Experimenten das Ortsgedächtnis der Tiere vollkommen auszuschalten, handelte Pérez folgendermaßen: Er bestrich einige Zweige von *Viburnum opulus* mit Honig und befestigte auf den nächsten Zweigen farbige Papierschnitzel. Die Bienen kamen, durch den Duft angezogen, direkt zu den farbigen Papierstückchen, wurden aber die Täuschung, wie bei den vorigen Experimenten, sofort gewahr. Fälle, wo die Bienen allein durch die Farbe angezogen werden, sind nach Pérez sehr selten. Nur bei einzeln stehenden Blumen mit schwachem Duft werden sie von der Ferne her wahrscheinlich durch die Farben aufmerksam gemacht; aus nächster Nähe richten sie sich dann nach dem Dufte, so dass die Farbe allein durchaus nicht maßgebend ist, sondern beim Vorhandensein eines Geruchsreizes dem Insekt nur als ein Zeichen dafür dient, dass an dieser Stelle sich Nektar befindet. Weder Schönheit noch Glanz der Farben allein zieht die Bienen an. Sie wissen, dass der Ort ihrer Nahrung meist farbig ist, sich durch den Glanz von der Umgebung unterscheidet, und deshalb fliegen sie dorthin, mehr durch das Sehen als durch den Geruch, der nur schlecht die Richtung angibt, geleitet. Der Duft des Nektars kann aber auch allein, ohne Farbe, vorhanden sein (Weidenkätzchen) und anziehend wirken.

Giltay (1904), Professor in Wageningen, kultivierte zu Demonstrationszwecken für die internationale Pariser Ausstellung 1900, auf einem Felde *Papaver rhoeas*. Diese Blume ist vollkommen auf

die Befruchtung durch Insektenbesucher angewiesen und bleibt, sich selbst überlassen, gänzlich steril. Giltay beraubte nun 215 solcher *Papaver*-Blumen ihrer Korollen und ließ sie dann, wie die normalen Blumen frei den Insektenbesuchern ausgesetzt, sich gemeinsam weiter entwickeln. Nach der Samenreife prüfte Giltay die Menge der erhaltenen Samen bei 215 intakten und 215 operierten Blumen und fand, dass sich bei den 215 intakten Blumen 25,230 g Samen, d. h. 0,117 g pro Frucht ergaben, während die der Korollen beraubten Blumen nur 10,770 g, d. h. 0,05 g pro Frucht enthielten. Zur Kontrolle wurden 28 operierte Blumen künstlich bestäubt und lieferten pro Frucht 0,115 g Samen, also fast ebenso wie normale Pflanzen.

Plateau kannte diese Versuche und schrieb die Unterschiede in den Zahlen dem Umstande zu, dass sich die Insekten bei den des Perigons beraubten *Papaver*-Blumen anders verhalten als bei intakten. Sie kommen nach ihm von der Seite her und berühren nur selten das Polster der Pflanze, wodurch die Befruchtung erschwert und mehr dem Zufall überlassen wird.

Giltay stimmt jedoch damit nicht überein, indem er entgegnet, daß der Anflug der Insekten bei beiden Blumenformen der gleiche ist, dass aber zu den intakten farbigen Blumen eine viel größere Zahl von Insekten fliegt als zu den entkronten. Als Beweis hierfür stellte er eine Reihe von neuen Versuchen mit den Klatschrosen an. Aus diesen geht hervor, dass die entkronten Blumen von Insekten, wobei besonders Bienen in Betracht kommen, viel schwieriger aufgefunden werden als intakte, und zwar im Verhältnis 1 : 10, oder sogar manchmal von 1 : 30, was ausschließlich der Abwesenheit der farbigen Korolla, also dem sich ergebenden Mangel der Gesichtseindrücke zugeschrieben werden muss. Weitere Experimente vom Jahre 1903 bestätigen zwar die Ergebnisse, beweisen aber gleichzeitig, dass, wenn die operierten Blumen schon einmal entdeckt und visuell worden waren, sich nach einiger Zeit die Zahl der Besuche auf beiden Formen ziemlich ausgleicht. Giltay schreibt dies dem Gedächtnis, hauptsächlich dem Ortsgedächtnis der Tiere zu, das sich besonders dadurch geltend macht, dass ein und dasselbe „Feldchen" stets von den gleichen Bienen besucht wird.

Zu den heftigsten Gegnern Plateau's gehört Forel (1908—1910). Seine Erfahrungen mit Ameisen und einige Beobachtungen an anderen Insekten führen ihn zu der Ansicht, dass Insekten mit großen Augen und mehreren tausend Facetten ziemlich scharf die Formen zu unterscheiden vermögen. Sie erkennen nach ihm Richtung und Entfernung der Gegenstände während des Fluges mit Hilfe der Facettenaugen sehr deutlich und orientieren sich beim Fliegen fast ausschließlich mit ihrer Hilfe. Ihre Fühler und Mundsinnesorgane sind ihnen bei der Flugorientierung von keinem Nutzen. Gewisse

Insekten wie Bienen und Hummeln unterscheiden Farben sehr gut und vermögen sie besser als Formen wieder zu erkennen. Eine Hummel z. B., die mehrmals an einer blauen Scheibe gefüttert wurde, kehrte zu dieser Scheibe wieder, auch wenn diese um 11—12 cm abseits verschoben und an ihre Stelle eine rote Scheibe mit Honig gestellt worden war. Die rote Scheibe blieb trotz des Ortsgedächtnisses unbeachtet. Dieses Benehmen des Tieres scheint Forel sehr instruktiv zu sein. „Lubbock's Experimente über Farbenwahrnehmungen," sagt er bei dieser Gelegenheit, „besagen noch nicht mit mathematischer Gewissheit, dass es wirklich Farben sind, die wahrgenommen werden. Man könnte die Einwendung machen, dass es vielleicht nur Unterschiede des Helligkeitsgrades sind, die von den Insekten empfunden werden". Indessen „Lubbock's Experimente sind so zahlreich und die Wirkung der Farben auf Bienen und Hummeln so ausgesprochen, dass die Eigentümlichkeiten Farbenblinder nicht genügen, diese Tatsache zu erkennen. So z. B. suchte und fand meine erwähnte Hummel, nachdem ich (Forel) die Honigrationen entfernt hatte, jedes einzelne blaue Papierstückchen, das in verschiedenen Ecken des Zimmers verstreut war, mochte die Farbe der Papierschnitzel und ihre direkte Umgebung noch so verschieden geartet sein. Ein ganz farbenblinder Mensch konnte dies nie und nimmer fertig bringen."

In der Ansicht, dass die Bienen künstliche Blumen aus Papier oder Stoff unbeachtet lassen, stimmt Forel mit Plateau überein, gibt dafür aber eine andere Erklärung: „In Fällen, wo wir selbst getäuscht werden, täuschen sich Insekten selten und dann nur für einen Moment. Das Insekt fliegt meistens an künstlichen Blumen vorbei, ohne ihnen irgendwelche Aufmerksamkeit zu schenken, ohne dabei zu verweilen, ja sogar ohne zu zögern, und begibt sich direkt zu natürlichen, die daneben stehen und die wir selbst von den anderen nicht unterscheiden. Müssen wir daraus den Schluss ziehen, dass die Farben, die wir anwenden und die nicht chlorophyllhaltig sind, seitens der Insekten von chlorophyllhaltigen unterschieden werden? Dies erscheint nach Plateau's Experimenten sehr wahrscheinlich, und ich werde daran festhalten, bis ich (Forel) einen Beweis des Gegenteils besitze. Das, was unserem Auge als eine vortreffliche Nachahmung der Farbe erscheint, braucht es nicht für das Auge des Insektes zu sein." An einer anderen Stelle spricht Forel die Vermutung aus, dass die ultravioletten Strahlen, die speziell den Blumen und überhaupt pflanzlichen Bestandteilen eigen sein können, mittels der Augen von den Bienen wahrgenommen und diese dadurch zu den Blumen geleitet werden können.

Andreae (1903) prüfte die „Attraktionskraft" der Farbe auf die Bienen und andere Insekten. Seine Experimente führten ihn zu der Ansicht, dass „die Honigbiene an die künstlichen Blumen geht, und

zwar werden diese nicht zufällig wahrgenommen, sondern werden direkt beflogen". Der Duft des Nektars übt auf sie eine äußerst geringe Wirkung aus, manchmal sogar keine, sondern der Farbe allein muss die „Attraktion" zugeschrieben werden. Der Honigduft allein hat nicht immer eine anziehende Wirkung. Er ist mehr „auf den Geschmackssinn" von Einfluss, deswegen hat auch der Nektar eine mehr „fesselnde" Eigenschaft, weniger „attraktive", die der Farbe allein eigen ist.

Fräulein Wéry (1904) experimentierte auf Anregung Professor Errera's, der schon in seiner Arbeit die Ansicht ausgesprochen hatte, dass die Bienen ziemlich stark von Farben angezogen werden. Ihre Experimente sind im großen und ganzen gleicher Art wie die Andreae's. Durch künstliche Blumen wurden die Bienen angezogen und zwar fast ebenso stark wie durch natürliche. Die Anziehungskraft der intakten und der entkronten Blumen verhielt sich zueinander wie 3 : 1. Die Bienen wurden nicht durch den Honigduft, wohl aber stark durch farbige, frei ausgesetzte natürliche oder künstliche Blumen angezogen. Die Farbe in Vereinigung mit Form und Duft natürlicher Pflanzen wirkte als stärkste Anziehung.

Turner (1910, Saint-Louis) stellte eine Reihe sehr interessanter Versuche an, deren Schilderung an dieser Stelle jedoch zu weit führen würde. Im allgemeinen kommt er zu folgendem Resultat:

Wenn eine Anzahl Bienen daran gewöhnt ist, Honig von künstlichen Objekten zu holen und zwar von Objekten verschiedener Farbe, so werden die Bienen nur die Farbe derjenigen Objekte beachten, die honiggefüllt sind. Künstliche Objekte von einer gewissen Farbe mit Honig und leere Objekte derselben Art und Farbe werden gleich beachtet, leere Objekte von anderer Farbe dagegen gar nicht. Und werden dieselben nach einiger Zeit mit Honig gefüllt, so bleiben sie trotzdem anfangs unbeachtet.

Wenn den Bienen, die schon längere Zeit Honig aus roten Schachteln holten, eine ähnliche Schachtel hingestellt wurde, deren Seiten und Deckel aber mit weißen Papierstreifen bedeckt worden waren, so drangen die Bienen, die von vorn her anflogen, in die Schachtel ein; diejenigen, die von der Seite kamen, zögerten einen Augenblick und flogen zu anderen roten Schachteln.

Weiter behauptet Turner, dass die Bienen einen richtigen Farbensinn besitzen, d. h. dass die Bienen die Farben als verschiedene Lichtqualitäten wahrnehmen und nicht als verschiedene Helligkeitsgrade; denn die roten Scheiben mit Honig, an die die Tiere vorher angewöhnt worden waren, wurden ebenso bei schwacher wie bei starker Beleuchtung, im Schatten wie in greller Sonne, von den andersfarbigen Scheiben unterschieden und beflogen.

Lowell (1910) ist der Meinung, dass die Bienen zu den Blumen durch Gedächtnis-, Gesichts- und Geruchseindrücke gemeinsam ge-

leitet werden. Der farbigen Blätter beraubte Blüten aber bleiben unbeachtet. Wenn auf einem stark von Bienen besuchten Blütenzweig (Birnbaum) von zwei nebeneinander stehenden Blütenbüscheln das eine seiner Korollen beraubt wird, so vermindert sich infolgedessen auch die Zahl der Besucher auf dem benachbarten Blütenbüschel. Das der Korolla beraubte Büschel aber erhielt trotz seines Nektarduftes überhaupt keine Besuche.

In neueren Versuchen wendete Lowell hauptsächlich farbige Papierstreifen von gleicher Form mit und ohne Honig an. Er fütterte zuerst einige Bienen auf Papier von bestimmter Farbe, dann stellte er andersfarbige Objekte mit und ohne Honig daneben. Sie blieben sämtlich unbeachtet. Die Bienen kehrten stets zu der einmal besuchten Farbe zurück.

Ween an die Stelle eines gewohnten Objektes ein andersfarbiges mit oder ohne Honig gestellt wurde, so blieb es stets unbeachtet. Man kann aber durch entsprechendes Gruppieren der Objekte die Bienen dazu bringen, dass sie die Farben überhaupt nicht beachten.

Sie lernen eben, dass alle diese künstlichen bemalten Objekte Honigträger sind und geben jedes Auswählen auf. Lowell schließt aus seinen Experimenten:

I. Die Bienen unterscheiden leicht die Farben, ob sie künstliche oder natürliche sind.

II. Die Bienen, die an eine bestimmte Farbe gewöhnt werden, kehren gewöhnlich zu dieser Farbe zurück.

III. Die Bienen beachten die Farben überhaupt nicht, wenn es nicht in ihrem Vorteile liegt.

2. Lernvermögen der Honigbiene.

Bethe (1898) veränderte die Lage eines Stockes und machte folgende Beobachtung.

Die heimkehrenden Bienen suchten, wie es schon längst für solche Fälle bekannt war, die Stelle im Raum auf, an der sich das Flugloch zuerst befunden hatte. Sie sammelten sich in größerem Schwarme an dieser Stelle an, und das in nächster Nähe befindliche Flugloch blieb längere Zeit unbeachtet. Wenn aber das Flugloch seine alte Lage beibehielt, der Stock aber und seine Umgebung mit farbigen Papierdecken, Zweigen etc. maskiert worden waren, so fanden die heimkehrenden Bienen ihr Heim stets in geradem Fluge nur mit einer geringen Stockung beim Einfliegen. Aus solchen und ähnlichen Experimenten schließt Bethe, dass es weder eine in der Luft zurückgelassene chemische Spur, noch der, dem Stocke entströmende spezifische Duft, „Neststoff“, noch Gehör oder „photorezeptorischer“ Sinn sein kann, der die Bienen beim Nachhausefinden leitet. Es sind keine vorher eingeprägten Gedächtnisbilder,

sondern „die Bienen folgen einer Kraft, welche uns ganz unbekannt ist und welche sie zwingt, an die Stelle im Raume zurückzukehren, von der sie fortgeflogen sind. Diese Stelle im Raum ist gewöhnlich der Bienenstock, sie muss es aber nicht notwendigerweise sein. Die Wirksamkeit dieser Kraft erstreckt sich nur auf ein Gebiet von wenigen Kilometern im Umkreis."

An einer anderen Stelle heisst es: „dass der Ort wieder aufgesucht wird, an dem ein Honigvorrat gefunden wurde, beruht, wie ich (Bethe) meine, sicher nicht auf einem Ortsgedächtnis, sondern wird durch dieselbe, uns unbekannte Kraft, ausgelöst."

Deswegen fanden auch Bienen, die in einer Schachtel gefangen und weit vom Stande frei gelassen wurden, stets nach Hause zurück, vorausgesetzt, dass der Abstand vom Stocke nicht größer war als 3—4 km, denn weiter wirkt die „unbekannte Kraft" nicht, auch auf der See erweist sie sich vollkommen unwirksam: Die Bienen, die aus einem an der Küste stehenden Stocke stammten und aus einem Boote in kaum 500 m Entfernung von der Küste freigelassen wurden, fanden nicht zu ihrem Stocke zurück. Bethe bezweifelt besonders, dass die Eindrücke, die das Tier durch seine hochentwickelten Augen empfängt, als mehr oder weniger dauerndes Gut in seinem Nervensystem zurückbleiben können, dass die Bienen also „über keine Sinne, über keine Möglichkeit, Erfahrungen zu sammeln und danach ihr Handeln zu modifizieren, verfügen, dass alle Reize unter der Schwelle der sinnlichen Empfindung und Wahrnehmung bleiben und dass diese Tiere rein mechanisch alle die oft so vernunftmäßig erscheinenden Tätigkeiten ausüben."

Die von der Bethe'schen Auffassung völlig abweichenden Anschauungen von Buttel-Reepen (1900—1907) beruhen auf hervorragender Kenntnis der Biene und zeigen sehr zahlreiche und höchst interessante Beobachtungen aus seiner vieljährigen Imkerpraxis und gründliche Kenntnis der bienenwirtschaftlichen Literatur. v. Buttel hält die „unbekannte Kraft" Bethe's für ein in sehr hohem Grade ausgebildetes Ortsgedächtnis der Tiere. Das Erinnern an eingeprägte Bilder und Tatsachen sind das einzige, was die Biene bei ihrem Treiben leitet. „Entnimmt man einem Stocke junge, flugfähige Bienen (Brutammen), die noch nicht ihren Orientierungsflug gemacht haben, und lässt sie unweit des Stockes fliegen, so findet keine in ihren Stock zurück." Sie hat eben noch keine eingeprägten Bilder im Gedächtnis. „Wirft man aber alte Flugbienen, selbst in sehr weiter Entfernung auf, so finden sie alle zurück." „Bringt man aus einer fernen Ortschaft, die mehr als 7 km abgelegen ist, ein Volk herbei und lässt alle Flugbienen, bevor sie einen Orientierungsausflug machen konnten, auch nur 30—40 m von ihrer Wohnung fliegen, so findet keine in den Stock zurück, vorausgesetzt,

dass sich (bei solcher geringen Entfernung) Häuser oder Bäume und Gebüsche zwischen Stock und Anflugsstelle befinden."

Wenn ein Bienenstock an einen neuen Ort gebracht wird, der nicht weit von der alten Stelle gelegen ist, und wenn dabei keine besonderen Vorsichtsmaßregeln getroffen wurden, so kehren fast alle Flugbienen an ihren alten Platz zurück. Wenn aber das Volk dabei mit irgendwelchem Mittel betäubt worden war, so vergisst es infolge der Narkose den alten Ort, wie überhaupt alles, was es bis jetzt in seinem Gedächtnis hatte und muss beim nächsten Ausflug einen neuen Orientierungsflug machen, um die Umgebung einzustudieren. In diesem Falle kehrt es nie an die alten Stellen zurück. Diese letzte Beobachtung liefert genügend deutliche Beweise für das Lernvermögen der Bienen. Beim Einprägen der Lage des Stockes handelt es sich nicht etwa um sein äußeres Aussehen, sondern um die relative Lage des Flugloches im Baume. Kleine Veränderungen am Stock und in nächster Umgebung spielen beim Aufsuchen des Heimes keine besondere Rolle. Auch im Schwarmdusel vergessen die Bienen ihren alten Stock und lernen eine neue Behausung kennen. Dieses Vergessen ist aber nicht vollkommen, denn wenn sie in den nächsten Wochen ihre Königin auf irgendeine Weise verlieren und keine Möglichkeit haben, sich eine neue zu erziehen, so erinnern sie sich oft ihres alten Heimes und kehren dorthin zurück.

Dass die Bienen imstande sind, mehr komplizierte Assoziationen von Eindrücken zu bilden, beweist folgende Beobachtung: Die Bienen hatten an einem Fenster Honig gefunden und längere Zeit an ihm genascht. Dann waren sie weggejagt und das Fenster war geschlossen worden. Die Bienen beruhigten sich aber dabei nicht, sondern untersuchten noch lange Zeit nicht nur das betreffende Fenster, aber auch alle in der Nähe befindlichen, sogar die der Nachbarhäuser. Die Tiere verbanden also mit dem Aussehen des Fensters die Vorstellung, dass Honig daselbst gesammelt werden könne.

Forel (1910) schließt sich im allgemeinen der Meinung von Buttel-Reepen an. Er unterscheidet bei den Bienen ein sehr hochentwickeltes Orts- und Zeitgedächtnis.

Die Ansichten Turner's und Lowell's über die Fähigkeiten der Bienen sind bereits aus der im vorangegangenen Abschnitt gegebenen Schilderung ersichtlich.

Experimenteller Teil.

Bei Ausführung der vorliegenden Experimente disponierte ich sie nach den drei Gruppen: Farbensinn — Gedächtnis — Lernvermögen. Ich behalte diese Anordnung auch in vorliegender Darstellung bei, obwohl ein strenges Auseinanderhalten dieser drei Faktoren praktisch nicht gut möglich war.

Experimente.

Farbensinn.

Serie I.

Die Experimente dieser Serie wurden auf einem Kleeacker ausgeführt, der zahlreichen Bienen aus unbekannten und anscheinend weit entfernten Stöcken zur Tracht diente. Experimentiert wurde mit künstlichen Blumen, die aus farbigem gelbem[1]) und blauem Papier angefertigt worden waren. Auf getreue Nachahmung der Form irgendeiner bestimmten natürlichen Blume wurde kein Wert gelegt. Die künstlichen Blumen hatten ungefähr 4 cm im Durchmesser und waren an dünnen Drähten, die als Stengel dienten, befestigt. Während des ganzen Verlaufes der Experimente war die Tracht sehr intensiv von den Bienen besucht. Alle Experimente wurden an derselben Stelle des Ackers vorgenommen.

Experiment I. 12. VII.

10 gelbe künstliche Blumen wurden im Klee aufgestellt und blieben 15 Minuten unbeachtet.

Experiment II.

10 blaue künstliche Blumen, ebenso aufgestellt, zeigten dasselbe Resultat.

Experiment III.

Es wurden aufgestellt: 5 blaue künstliche Blumen mit Honig, 5 ohne Honig, desgleichen 5 gelbe künstliche Blumen mit, 5 ohne Honig. Die Anordnung derselben war derart, dass sich eine gelb-blaue Gruppe von Blumen mit Honig, eine zweite gelb-blaue Gruppe von Blumen ohne Honig ergab.

Beobachtungszeit 25 Minuten, Besuch = 0.

Die blauen künstlichen Blumen wurden hierauf sämtlich entfernt

Experiment IV.

Nach mehreren Versuchen gelang es, eine Biene, die auf einer Kleeblüte saß, auf den Honig aufmerksam zu machen. Sie naschte sehr gierig am Honig, wurde bezeichnet, und flog davon, indem sie einen aufmerksamen Orientierungsflug vornahm, wobei sie Kopf und Augen dem Artefakt zukehrte. Nach ca. 6 Minuten kehrte sie zurück, wandte sich aber zu einem daneben stehenden honiglosen Artefakt; sie umkreiste dasselbe ein paarmal, dann umflog sie noch zwei andere gelbe honiggefüllte Blumen, machte aber plötzlich eine scharfe Wendung in der Richtung gegen die vorher besuchte

1) Ich muss bemerken, dass ich zu meinen Experimenten mit Absicht die gelbe Farbe anwendete, die nach der Theorie des „ästhetischen Sinnes“ (wie sie von Müller, Delpino, Lubbock, im Gegensatz zu Plateau, Forel, Bonnier, Turner, Lowell u. v. a. vertreten wird) von den Bienen am wenigsten besucht werden soll. Blau dagegen wird oft als Lieblingsfarbe der Bienen angegeben.

Blume und setzte sich auf diese nieder. In diesem Augenblick umkreisten noch zwei andere Bienen einige Artefakte. Ich kann nicht mit Sicherheit behaupten, ob sie nicht von der ersten Biene vom Stocke her mitgebracht worden waren — dazu war ich zu stark mit dieser Biene beschäftigt. Ich vermute jedoch, dass es die Bienen waren, die vom Klee, durch den Nachahmungstrieb geleitet, herangekommen waren, nachdem sie das Benehmen der ersten Biene gesehen hatten. Beide Bienen setzten sich auf zwei andere honighaltige Artefakte.

Eine von ihnen wurde bezeichnet, die andere flog bei diesem Versuch jedesmal davon. Beide Tiere nahmen einen Orientierungsflug beim Davonfliegen vor und kehrten nach einiger Zeit zurück, wie ich es wenigstens für die bezeichnete mit Sicherheit behaupten kann. Ich habe auch keinen Grund, anzunehmen, dass die andere Biene nicht die gleiche als vorher war. Eine halbe Stunde später waren alle Honigträger eifrig besucht, so dass ich den Honig stets erneuern musste. Die honiglosen Artefakte wurden dabei stark umflogen, ohne dass sich jedoch eine Biene darauf setzte.

Experiment V.

Die gelben künstlichen Blumen wurden nun weiter auseinandergestellt; dazwischen wurden 5 blaue Blumen mit, 5 blaue ohne Honig in der Weise angebracht, dass einige der honigtragenden blauen Blumen an Stelle der gelben honiggefüllten kamen. In den nächsten 15 Minuten wurden jedoch die blauen Artefakte beider Arten weder besucht noch umflogen; daneben stehende gelbe Artefakte mit Honig erhielten zahlreiche Besuche. Die gelben honiglosen Blumen wurden dagegen bedeutend weniger umflogen als vorher.

Die blauen Artefakte wurden hierauf entfernt, die gelben blieben noch längere Zeit am Platze.

Experiment VI. 13. VII.

5 gelbe künstliche Blumen mit Honig, 5 gelbe ohne Honig wurden in der Weise verteilt aufgestellt, dass je eine honiggefüllte und eine honiglose Blume paarweise in ca. 30 cm Entfernung voneinander zusammen standen. Die Entfernung eines Paares vom anderen betrug ca. $^3/_4$ m. In den ersten 5 Minuten kamen 2 Bienen. Die eine von ihnen war die gelb bezeichnete des vorhergehenden Tages. Innerhalb der nächsten 15 Minuten kamen zahlreiche Besuche. Die gelben Blumen ohne Honig wurden stark umflogen. Eine Biene setzte sich sogar darauf, aber anscheinend nur, um sich auszuruhen und ihre Toilette in Ordnung zu bringen. Innerhalb der nächsten Stunde wurde der Honig immer wieder erneuert. Jetzt fanden sich zahlreiche Besuche bei dem honiggefüllten gelben

Blumen ein — die Tiere hatten sich eingeflogen und kamen und gingen in direktem Fluge mit größter Sicherheit. Die gelben honiglosen Blumen wurden dagegen jetzt nur selten beflogen. Die Besucher waren wahrscheinlich die Artefakte zum erstenmal besuchende Bienen.

Experiment VII.

Eine etwas größere gelbe künstliche Blume mit Honig, und eine ebensolche ohne Honig wurden 2 m weiter, nebeneinander gestellt, in ca. 30 cm Abstand. Diese Artefakte standen direkt in der Flugbahn der Bienen. Die erste Biene kam erst nach 9 Minuten anscheinend von der Gruppe der Experimente VI her. Sie untersuchte die Blumen in einem kurzen Fluge und setzte sich auf die honigtragenden. Sie wurde bezeichnet, flog davon, kam wieder, flog fort, und kehrte dann noch einmal zurück. Sie war jetzt schon eingeflogen und kam sehr sicher herbei. Ich fing sie und schnitt ihr sorgfältig die Fühler ab. Freigelassen, machte sie einige große Kreise um mich; dann einen kleineren Kreis um die Blumen, flog davon und kam in einigen Minuten wieder, direkt und sehr sicher zu den honigtragenden Blumen. Inzwischen kam eine zweite Biene, sog sich an dem Honig voll und begann dann ihren Orientierungsflug zu machen. Bei dieser Beschäftigung wurde sie gefangen und ihrer Fühler beraubt. Dann setzte sie sorgfältig ihren Orientierungsflug um die Blumen fort und flog schließlich davon. (Die erste Biene kam jetzt zum dritten Male direkt und sicher zum Honigträger.) Sie kam wieder — ihr Flug war unsicher, sie fand aber doch zum Honig. Das nächste Mal jedoch flog sie schon von der Ferne direkt zu der leeren Blume, setzte sich auf dieselbe, flog aber sofort wieder weg. Ein weiteres Mal umkreiste sie einmal beide Blumen und kehrte dann zu der honigtragenden Blume zurück. Beim nächsten Besuch kam sie direkt zu dieser. Nun waren aber schon mehrere Besucher bei derselben, wodurch das Experiment gestört wurde. Alle Artefakte wurden hierauf entfernt.

Experiment VIII.

Um 4 Uhr nachmittag wurden 5 blaue künstliche Blumen mit Honig in die Tracht gestellt. Sie blieben 15 Minuten unbeachtet. Dann wurden 2 gelbe Artefakte mit Honig aufgestellt, die in den nächsten 5 Minuten 13 Besuche (8 + 5) erhielten.

Experiment IX. 14. VII.

5 gelbe Artefakte ohne Honig wurden innerhalb 10 Minuten umflogen.

In einem Garten in direkter Linie vor dem Stand befand sich ein 3 m langes, ca. $1^1/_2$ m breites Beet von *Borago officinalis*. Die

Entfernung von den Stöcken betrug ca. 5 m. Das Beet war sehr stark von Bienen besucht.

Experiment X. 17. VI.

Eine große auffallende gelbe künstliche Blume wurde $^1/_2$ m über den *Borago*-Blumen mitten in der Tracht befestigt. Während 10 Minuten Beobachtung kam keine Biene herbei. Die gelbe Blume wurde hierauf entfernt und wurde durch eine gleiche blaue ersetzt. (Beide Blumen waren mit etwas Honig gefüllt.) Während 10 Minuten Beobachtung kam keine Biene herbei.

An Stelle der blauen Blume wurde nun eine schön duftende Päonie gebracht. Sie wurde in den nächsten 10 Minuten nicht beachtet. An ihre Stelle kam jetzt ein in grober Weise *Borago* nachahmender Busch künstlicher Blumen, der in 10 Minuten 4 Besuche erhielt, in den folgenden 5 Minuten noch 3 Besuche. In der ersten halben Stunde kamen im ganzen 21 Bienen. Eine Stunde später wurde der Busch nochmals eine halbe Stunde beobachtet. Es erschienen nur 2 Besucher.

Erläuterungen der Experimente.

Serie I.

Die ersten drei Experimente der ersten Serie beweisen keineswegs, dass die Biene die künstlichen, aus farbigem Papier oder irgendeinem anderen Stoff verfertigten Blumen nicht besucht, oder dass sie der Duft des Honigs nicht anzulocken vermag; diese Experimente bestätigen nur, dass die Biene, deren Aufmerksamkeit auf irgendeine Nektarquelle gerichtet ist, und die sich eifrig mit dem Sammeln beschäftigt, durch beliebige Reize der Farbe oder des Duftes oder der beiden Faktoren im Zusammenhang von ihrer Arbeit nicht abgelockt wird. Sie ist eben der einmal angefangenen Arbeit zu treu, um sich durch die ersten besten grellgefärbten Signale aus den gewohnten Bahnen ablenken zu lassen, und die Nektarschätze, die sie einmal entdeckte und noch nicht völlig ausgebeutet hat, zu verlassen. Sie muss (Experiment IV) erst die Erfahrung gemacht haben, dass sie an einer anderen Stelle mehr Futter erhielt, um sich dorthin zu begeben, und wenn ihr ein Zufall oder ihr eigener Nachahmungstrieb, oder ein künstlicher Griff des Experimentators unmittelbar zeigt, dass eine andere Futterquelle größere Vorteile bietet, so ist sie immer bereit, sich dieser zuzuwenden, und sie kommt immer wieder zu ihr, solange der anziehende Futtervorrat nicht erschöpft ist. Der aufmerksame Orientierungsflug, den sie bei ihrem ersten Besuch unternimmt, macht den Eindruck, als ob das Tier sich entschlossen hätte, an diesen Ort zurückzukehren und dass es sich dabei durch die eingeprägten Gesichtsbilder leiten lassen will. Die erste Biene in Experiment IV aber flog,

nachdem sie einmal die honigtragende Blume besucht hatte, bei ihrer Rückkehr zu einer falschen (d. h. anderen als die zuvor besuchte) und zwar honiglosen Blume. Ihr Gedächtnis führte sie hierher und die Farbe diente schon von weitem als Richtungszeiger, der Duft des Honigs auf den einzelnen Blumen beeinflusste sie aber von weitem nicht. Es wäre auch unmöglich, zu verlangen, dass die Biene schon auf größere Entfernung hin mit Hilfe des Geruchs erkennen soll, welches von zwei oder in diesem Fall mehreren nebeneinanderstehenden Objekten honigtragend und welches honiglos ist. In der nächsten Nähe jedoch machte sich auch der Geruchssinn geltend: Das Tier erkannte schon in ca. $^1/_2$ m Entfernung, dass die Blume, zu welcher es flog, nicht die richtige war. Dass es der Mangel an Duft war, der die Biene veranlasste, diese erste Blume zu vernachlässigen, ist daraus ersichtlich, dass das Insekt zwar noch nicht die gesuchte Blume entdeckte, wohl aber zu anderen honiggefüllten Artefakten flog. Anwesenheit von Honig und Farbe war jedoch noch nicht entscheidend. Die Biene suchte eben nach der bestimmten, schon einmal besuchten Blume, die sie auch schließlich im letzten Moment auffand. Ob es kleine Details in der Form des betreffenden Artefaktes oder seine relative Lage in bezug zu anderen näheren und ferneren Gegenständen waren, die sie zu dieser letzten plötzlichen Wendung veranlassten, lässt sich nicht ohne weiteres entscheiden.

Wahrscheinlich waren diese beiden Faktoren maßgebend. Die zwei anderen Bienen, die zu gleicher Zeit zu den künstlichen Blumen kamen, waren scheinbar durch das Benehmen der ersten Biene angelockt worden, waren also vom Nachahmungstrieb geleitet worden und nicht durch das Mitteilungsvermögen.

In Experiment V wurden die blauen Artefakte, ob sie nun honigtragend oder honiglos waren, gar nicht beachtet, trotzdem einige der blauen honigtragenden Blumen an die Stelle der gleichen stark besuchten gelben Blumen gekommen waren. Die Anzahl der Besucher auf den letzteren aber nahm trotz der Ortsveränderung durchaus nicht ab. Dies ist wohl genügend beweisend für ein Farbenunterscheidungsvermögen und zeigt außerdem, dass das Ortsgedächtnis allein, das in gewissen Fällen so auffallend ist, hier eine mehr untergeordnete Rolle spielte.

Die Experimente des zweiten Tages zeigen die große Anhänglichkeit der Bienen an gewisse, schon von ihnen besuchte Ortschaften. Dies verursachte wohl auch den raschen Besuch der Bienen an den Artefakten, die sie vom Tage vorher im Gedächtnis behalten hatten. Es ist auch selbstverständlich, dass es nur Farbe und äußeres Aussehen der Artefakte einzig und allein sein konnten, die im Nervensystem der Tiere eingeprägt geblieben waren. Und dass es dieselben Tiere waren, bezeugten ihre Merkzeichen. Dieses

Experiment sollte das Verhalten der Bienen in bezug auf die leeren gelben Artefakte neben den honiggefüllten prüfen.

Schon in Experiment IV und V konnte man bemerken, dass die Zahl der Tiere, die die gelben honiglosen Artefakte umflogen, mit der Dauer des Versuchs bedeutend abnahm. Die Bienen, die schon öfters zu einer Gruppe künstlicher Blumen gekommen waren, schienen schon die Mehrzahl derselben zu kennen. Ich beobachtete einige der markierten Tiere — sie kehrten stets zu derselben Blume zurück; kam es jedoch vor, dass diese schon von einer oder einigen anderen Bienen besetzt war, so ließ sich die zurückkehrende markierte Biene nicht auf ihrer Blume nieder, sondern flog in einem kurzen, sicheren Bogen zu einem anderen Honigträger; zu einer honiglosen Blume verirrte sie sich nie.

Dieses Benehmen der Tiere beweist, dass, wenn die Bienen anfangs noch nicht alle vorhandenen Honigträger kennen, sie einige suchende Flüge über honigtragende und honiglose Artefakte ausführen müssen. Mit der Zeit aber nimmt das Umfliegen der honiglosen Blumen ab, die dann fast nie besucht werden.

Um die Rolle des Geruchssinnes näher nachzuprüfen, habe ich Experiment VII vorgenommen. Die Biene, die schon gut eingeflogen war, wurde durch die Operation gar nicht gestört und kam zu dem honigtragenden Objekt so gut wie vorher — sie orientierte sich beim Anfliegen ausschließlich mit Hilfe ihrer Augen. Die andere Biene aber, die erst ihren Orientierungsflug machte und beim Rückfluge von dem Stock her aus der Ferne die Lage der richtigen Blume noch nicht abschätzen konnte, verirrte sich, zeigte Unsicherheit beim Anflug und besuchte die honiglose Blume, was sonst sehr selten vorkommt und dem gestörten Geruchssinn zugeschrieben werden kann. Ich hatte später Gelegenheit, diesen Versuch unter besseren Bedingungen zu wiederholen. Ich brachte auf einen abgesonderten Platz im Garten zwei den im Experiment beschriebenen ähnlichen Blumen, und stellte am zweiten Tage drei besuchende Bienen fest. Ich bezeichnete die Tiere, schnitt ihnen die Fühler ab und vertauschte in ihrer Abwesenheit die Blumen. Zwei der operierten Bienen kamen wieder und richteten schon von Ferne her ihren Flug auf die honiglose Blume, die auf dem gewohnten Platze stand. Jedoch nur die eine Biene setzte sich darauf und steckte ihren Rüssel hinein; die andere Biene änderte ihre Richtung im letzten Moment und flog zu der richtigen Blume, die sie vorher einige Male umkreist hatte. Die enttäuschte erste Biene folgte ihr. Bei den weiteren Anflügen kamen sie dann stets zu dem Honigträger, auch wenn ich die Blumen wieder verstellt hatte.

Dieses Resultat konnte in der erhöhten Aufmerksamkeit der Tiere eine Erklärung finden, es konnte aber auch die Methode des Abschneidens der Fühler nicht ganz zuverlässig sein.

Experiment VIII und IX bestätigen noch einmal, dass es nicht die Artefakte selbst oder der Honigduft allein waren, die die Bienen anzogen, sondern dass sie sich vielmehr nach ihren eigenen Erfahrungen richteten, wobei in diesem Falle das äußere Aussehen für das Einschlagen der Richtung von Ferne her, der Duft aus der Nähe maßgebend waren.

Besonders instruktiv aber ist Versuch X. Er bestätigt, dass weder grobe Nachahmungen von Form und Farbe einerseits und der Duft von Honig andererseits, noch sonst mit Vorliebe von den Insekten besuchte Blumen imstande sind, die Biene von ihrer Arbeit abzulocken.

Dass die Bienen aber diese Objekte sehen konnten und nur nicht beachteten, zeigt der Umstand, dass die künstlichen Nachahmungen der echten Blumen, die in diesem Falle den Bienen als Tracht dienten, auch wenn sie honiglos sind, anfangs die Tiere solange täuschen, bis sie durch Erfahrungen festgestellt haben, dass diese groben Artefakte von den echten Blumen wesentlich verschieden sind. Ich habe auch oft genug die Anlockung der Bienen durch einzeln stehende künstliche Blumen mit und ohne Honig, und die durch einzeln stehende echte Blumen nachgeprüft. Zu guter Trachtzeit sind beide Arten von allen Insekten außer den Bienen besucht.

Bei schlechter Tracht aber, z. B. gegen Ende des Sommers wenn die Bienen weite und langentfernte Flüge vom Stocke ausführen müssen, und wenn sie mit nur halbgefüllter Honigblase und nur Spuren von Höschen zurückkehren, finden sie nicht nur einzeln stehende Blumen, ob sie künstlich oder echt sind, sondern jede Spur von Honig in beliebigen Gefäßen auf, und zwar in verhältnismäßig kurzer Zeit.

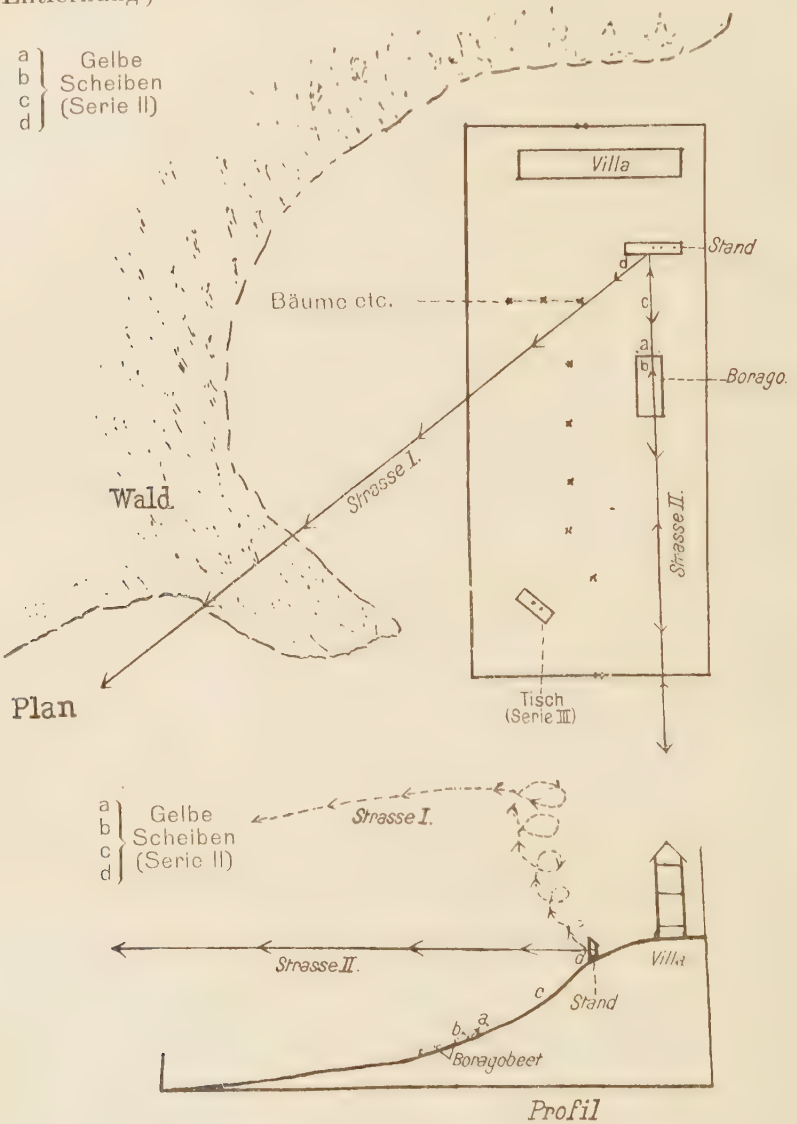
Gedächtnis.

Serie II.

Die Experimente dieser Serie wurden in dem schon in der ersten Serie erwähnten Garten vorgenommen, wo sich ein Stand befand, der drei Stöcke starker Völker von Krainer Bienen enthielt. Der Stand lag an einem Abhang und hatte seine Flugseite nach Südosten gerichtet. Gegen Südwesten und Norden lagen Wald und Villen. Die Bienen flogen bei Anfang meiner Beobachtungen zu sehr guter Trachtzeit in zwei mehr oder weniger konstanten „Straßen". Eine Straße führte schräg über das Waldeck (s. Plan) nach den etwas entfernteren Wiesen. Die Bienen dieser Straße flogen aus dem Stock sofort hoch in die Luft im bekannten schraubenförmigen Flug und nahmen erst in der Höhe von etwa 8—12 m südöstliche Richtung.

Die zweite Straße führte direkt nach Osten. Die Bienen flogen vom Flugloch fast in horizontaler Richtung weiter. (Der Stand lag,

wie es aus der Skizze ersichtlich ist, an einem Abhang, deswegen betrug die Höhe der Straße beim horizontalen Flug schon am Ende des Gartens 5—6 m über dem Boden, und steigerte sich noch mit der Entfernung.)



Die Bienen dieser Straße (2) flogen zu einem Kleeacker in ca. 600 m Entfernung vom Stande und kamen auf dem gleichen Wege zurück.

In direkter Linie vor dem Stand, 5 m von ihm entfernt, lag im Bereich der zweiten Straße das schon erwähnte Beet mit *Borago*

officinalis. Hier war der Futterplatz vieler scheinbar jüngerer Bienen.

Als weitere Hilfsmittel bei den Versuchen dienten jetzt quadratische Scheiben aus dünnem Holz und Pappendeckel. Drei der Scheiben wurden mit gelbem Glanzpapier tapeziert, eine mit rotem, eine mit orangefarbenem. Die Größe der Scheiben betrug 20 qcm. Inmitten jeder von ihnen wurden je 5 schmale Gläschen zur Aufnahme des Honigs befestigt ($^1/_2$ cm Durchmesser und 6 cm Länge). Diese Einrichtung sollte als Schutz gegen ein zu schnelles Aussaugen des Honigs dienen. Von außen waren die Gläser gemeinsam mit dem entsprechenden farbigen Papier umgeben. Auch wurden einige gelbe Scheiben von 15 cm Länge und 10 cm Breite mit je drei Gläschen verwendet.

Beim Experimentieren wurden die Scheiben stets auf schmalen Stäben ca. $^1/_2$ m über dem Boden aufgestellt und zwar in der Weise, dass die vordere mit den Gläsern versehene Seite gegen den Stand, also senkrecht zum Boden gerichtet wurde.

Experiment I. 15. VII. 9^h.

Zur Ausführung dieses Experimentes wurden in 5 m Entfernung vom Stand am vorderen Rande des *Borago*-Beetes drei von den größeren Scheiben in einer Reihe aufgestellt, so dass die gelbe Scheibe (a) in die Mitte, die orangefarbene rechts, die rote links von ihr zu stehen kam. Die Entfernung der Scheiben voneinander betrug $^1/_2$ m. Diese sämtlich honiglosen Scheiben blieben den ganzen Tag ausgestellt, ohne dass sie von den Bienen beachtet wurden. Gleich nach dem Aufstellen wurden sie 1 Stunde ununterbrochen, dann innerhalb verschieden langer Zeiträume zehnmal je 10 Minuten beobachtet.

Experiment II. 16. VII. 9^h.

An diesem Tage wurden außer der honiglosen roten und orangefarbenen Scheibe noch 4 gelbe Scheiben aufgestellt, von denen die 3 größeren a – b – c mit Honig versehen waren, die vierte kleinere (d) dagegen honiglos war. (Siehe Skizze!)

A.

Um 9^h wurden die rote Scheibe, die orangefarbene Scheibe und die gelbe Scheibe (a) in der Anordnung des vorigen Tages und an derselben Stelle aufgestellt und während einer Stunde beobachtet. Sie blieben während dieser Zeit sämtlich von den Bienen unbeachtet.

B.

Um 10^h wurde die zweite gelbe Scheibe (b) in direkter Linie hinter der Scheibe a und 1 m von dieser entfernt, aufgestellt, so dass sich der Honig in Scheibe b kaum $^1/_4$ m über der Tracht be-

fand. Innerhalb 15 Minuten Beobachtung zeigte sich keine Reaktion der Bienen.

C.

Um 10^h 20 wurde eine weitere gelbe Scheibe (c) zwischen den Stand und die unter A erwähnte Gruppe gebracht. Innerhalb 15 Minuten Beobachtung zeigte sich keine Reaktion der Bienen.

D.

Die vierte honiglose gelbe Scheibe (d) wurde um 10^h 35 in $^1/_2$ m Entfernung etwas abseits vom Stock, wo gewöhnlich die Bienen gefüttert wurden, aufgestellt. Innerhalb 10 Minuten zeigte sich keine Reaktion der Bienen.

E.

Hierauf wurde die Scheibe (d) entfernt und an ihre Stelle ein Teller mit Honig gebracht. Die Bienen waren an schlechten Tagen gewöhnlich an diesem Orte stets aus diesem Teller gefüttert worden. In 5 Minuten kamen 2 Bienen herbei. Die eine flog wieder davon, an ihrer Stelle kam eine dritte und setzte sich auch auf den Teller, der samt den Bienen zu Scheibe c gebracht wurde. Eine der saugenden Bienen wollte zuerst wegfliegen, bemerkte dann aber die Scheibe, untersuchte sie, fand den Honig, sog sich voll, wurde bezeichnet und flog zum Stock zurück, um bald aber wieder zu kommen. Vor dem Wegfliegen vergaß sie nicht, einen sorgfältigen Orientierungsflug zu unternehmen, wobei sie, wie gewöhnlich den Kopf gegen die Scheibe gewendet, diese in immer weiteren Kreisen umflog. In 10 Minuten waren mehrere Bienen bei Scheibe c, keine bei den anderen. Diese Scheibe wurde mit den auf ihr saugenden Bienen ganz nahe (30 cm) zu Scheibe a gebracht. Diese Scheibe wurde jetzt fast sofort untersucht und besucht. Gleichzeitig kamen einige Bienen zu Scheibe b. Ob dieser Besuch ein rein zufälliger war oder ob die Bienen die Scheibe b aufsuchten, nachdem sie an den honiggefüllten Scheiben a und c Erfahrungen gesammelt hatten, kann ich nicht entscheiden. Jedenfalls wurde innerhalb der nächsten halben Stunde folgendes Bild beobachtet: Auf allen gelben honiggefüllten Scheiben saugen zahlreiche Bienen. Sie kommen zu ihnen und fliegen davon ohne weitere Orientierungsflüge. Beim Honig drängen sich viele Bienen durcheinander, werden in den engen Gläsern mit Honig beschmiert, den andere Bienen stürmisch von ihnen ablecken; sie fallen gemeinsam zu Boden, wo einzelne Gruppen von 3—5 Bienen entstehen. Auch die orangefarbene Scheibe ohne Honig wurde stark von den Bienen umflogen, wohl wegen der Ähnlichkeit der Farbe mit der Farbe des Honigträgers; sie blieb jedoch später fast vollkommen unbeachtet.

Bald sind alle Gläser leer. Die Bienen kommen nicht wieder. Nur vereinzelte Tiere umfliegen ab und zu die gelbe Scheibe in

größeren Kreisen. 3 Stunden später wird der Honig in den gelben Scheiben wieder ersetzt und in ca. 5 Minuten sind bereits wieder mehrere Besucher zur Stelle. Die orangefarbene Scheibe ohne Honig wird nicht umflogen.

Experiment III. 17. VII. 11h.

An diesem Tage wurde die gelbe Scheibe a mit Honig, die rote und orangefarbene ohne Honig, an derselben Stelle und in derselben Anordnung wie in Experiment II A aufgestellt. Die Scheibe a erhielt in den ersten 10 Minuten 6, später zahlreiche Besuche. Der Honig wurde nach Bedarf stets erneuert. Die Scheiben blieben bis 1h stehen, ohne dass die rote und orangefarbene Scheibe während dieser Zeit von den Bienen beachtet wurden.

Experiment IV. 18. VII. 11h.

Die Anordnung war die gleiche wie in Experiment III; wie am vorigen Tage wurden die Scheiben genau um 11h aufgestellt. Jedoch blieb die gelbe Scheibe a in den ersten 10 Minuten ohne Honig. Trotzdem wurde sie von mehreren Bienen umflogen; keine Biene aber setzte sich darauf. Nach 10 Minuten wurde Scheibe a mit Honig versehen und sofort von Bienen besucht. Die Scheiben blieben bei ständiger Erneuerung des Honigvorrats bis 1h stehen.

In den nächsten 6 Tagen wurden die Scheiben in der üblichen Weise am Rande des *Borago*-Beetes aufgestellt, so dass die gelbe Scheibe a mit stets erneuertem Honigvorrat in der Mitte stand, die orangefarbene rechts, die rote links von ihr zu stehen kamen. An der Zeit von 11—1h wurde während dieser 6 Tage strenge festgehalten.

Die Bienen besuchten täglich regelmäßig die gelbe Scheibe, deren Inhalt so aufgefüllt wurde, dass er bis gegen 1h erschöpft war. Um diese Zeit fanden sie die Scheibe leer vor und gaben nach und nach ihre weiteren Besuche auf.

Am 6. Tage wurde das folgende

Experiment V. 24. VII. 3h

vorgenommen, in welchem die Scheiben aber nicht nur am Vormittag zwischen 11 und 1h, sondern auch wiederum am Nachmittag um 3h aufgestellt wurden. (Gelb a mit Honig.) Bei der Beobachtung während einer halben Stunde erhielt die gelbe Scheibe keinen Besuch.

Experiment VI. 25. VII. 11 u. 3h.

An diesem Tage wurden die Scheiben wie gewöhnlich von 11—1h aufgestellt und erhielten zahlreiche Besuche. Am Nachmittag wurde Experiment V wiederholt. Die gelbe Scheibe blieb von den Bienen unbeachtet.

Experiment VII. 27. VII. 11^h.

An diesem Tage wurden in der üblichen Anordnung folgende Veränderungen getroffen: an Stelle der gelben Scheibe kam die orangefarbene, an Stelle der orangefarbenen die rote, an Stelle der roten die gelbe mit Honig.

Die gelbe Scheibe wurde sofort, die orangefarbene und rote nicht umflogen.

Experiment VIII. 28. VIII. 11^h.

An diesem Tage wurde die übliche Anordnung wieder beibehalten, nur mit dem Unterschiede, dass dieses Mal die gelbe Scheibe honiglos war, die rote und orangefarbene dagegen reichlich mit Honig gefüllt waren. Innerhalb der Beobachtungszeit von einer Viertelstunde wurde die gelbe Scheibe von den Bienen umflogen. Keine Biene beachtete jedoch die honiggefüllten, andersfarbigen Scheiben. Nach einer Viertelstunde wurde der Honig aus diesen Scheiben entfernt und die gelbe Scheibe mit Honig versehen. Sie blieb bis 1^h am Platze und wurde eifrig von den Bienen besucht.

Experiment IX. 30. VII. 11^h.

An diesem Tage wurde nur die orangefarbene und die rote Scheibe, beide mit Honig versehen, aufgestellt, und innerhalb einer halben Stunde Beobachtung von den Bienen nicht umflogen.

Experiment X. 1. VIII. 11^h.

In diesem Experimente wurde nur die gelbe Scheibe allein und ohne Honig aufgestellt und innerhalb der ersten 15 Minuten stark umflogen.

Erklärung der Experimente.

Serie II.

Die Experimente I, II A, B, C, D, E, III, VIII und IX der Serie II bestätigen noch einmal die Resultate der Experimente I, II, III der Serie I. Bei guter Tracht, wenn alle Bienen beschäftigt sind und mit prallgefüllten Honigblasen und Pollenkörbchen nach Hause kommen, können die farbigen Objekte an einer mehr oder weniger auffallenden Stelle mit oder ohne Honig keine Anziehung auf die Tiere ausüben, vorausgesetzt, dass die Bienen nicht zuvor die Erfahrung gemacht hatten, dass diese farbigen Objekte an dieser Stelle soviel wie das Vorhandensein von Honig bedeuten.

Die Experimente IV, VIII und X beweisen ferner, dass, wenn die Bienen öfter an einer Stelle auf Objekten von bestimmter Farbe Honig gefunden hatten, das Erscheinen von diesen farbigen Objekten allein, abgesehen davon, ob dieselben noch als Honigträger funktionieren oder nicht, genügt, um die Tiere anzulocken. Kleinere Verschiebungen in der räumlichen Anordnung spielen dabei keine weitere Rolle (vgl. Exp. VII).

In Experiment V und VI waren die Tiere beim Auffinden des Honigs durch längere Übung nicht nur an Ort und Farbe, sondern auch an eine bestimmte Zeit (11—1h) gewöhnt. Wurde der Honig zu einer anderen Zeit aufgestellt, so reagierten die Bienen trotz der gleichgebliebenen Farben und Plätze nicht darauf. Es verband sich also bei ihnen die Vorstellung des Vorhandenseins von Futter nicht nur mit einer bestimmten Farbe und einem bestimmten Ort, sondern auch mit einer bestimmten Zeit. Die Biene ist somit fähig, sich nicht allein Ort und Farbe, sondern auch die Zeit zu merken.

Lernvermögen.

Serie III. Mitte September.

Die Experimente der dritten Serie wurden in dem in Serie II beschriebenen Garten ausgeführt. In der rechten Ecke am Ende des Gartens wurde hierfür ein Tisch aufgestellt, der den bei den Experimenten in Verwendung kommenden Objekten als Unterlage diente. Vor Beginn dieser Serie von Experimenten wurden 6 Tage hindurch die in Serie II beschriebenen gelben Scheiben mit Honig, sowie eine rote Scheibe ohne Honig aufgestellt, um die Tiere an die gelbe Farbe zu gewöhnen. Der Honig wurde während dieser Zeit so oft als nötig erneuert, so dass die gelbe Scheibe stets reichlich Honig trug. Die Trachtverhältnisse waren inzwischen, wohl infolge des ausnehmend heißen Sommers[2]), ziemlich schlechte geworden. Die Bienen flogen weit, um Nektar zu holen und kehrten mit nur halbgefüllten Honigblasen von der Tracht zurück.

Experiment I.

Es wurden zwei Pappendeckenschachteln von 20 ccm Größe, $^1/_2$ m voneinander aufgestellt. Die gelbe Schachtel enthielt Honig, die rote war leer. An der Vorderseite beider Schachteln waren Öffnungen von 3 cm im Durchmesser angebracht. Da die Bienen auf die gelbe Farbe bereits durch die Scheiben „dressiert" waren, so rief diese Veränderung in der Form des Honigträgers nur eine geringe Stockung hervor. Die Bienen flogen herbei, drangen durch die Öffnung in die gelbe Schachtel hinein, saugten sich voll Honig und fanden, wahrscheinlich ohne zu lange zu suchen, den Ausgang wieder. Einige von ihnen machten Orientierungsflüge um die Schachtel und flogen dann davon. Nach mehreren Minuten kehrten die Bienen zurück und so war der Verkehr zwischen dem Stock und den neuen Objekten hergestellt. Es waren ungefähr 9—10 Bienen, die vorher schon die Scheiben entdeckt hatten und nun auch die Schachteln aufsuchten, die bis zum Abend, wo sich die Zahl der Besucher dem Anschein nach vergrößert hatte, an Ort und Stelle bleiben.

2) 1911 — Oberbayern.

Nachdem es dunkel geworden war und die Bienen ihre Besuche eingestellt hatten, kam nun anstatt der gelben Pappendeckelschachtel eine gleich große Glasschachtel an den gleichen Platz, deren vordere Seite allein aus Pappendeckel bestand, der von außen und nach innen mit gelbem Glanzpapier tapeziert, und wie bei den anderen Schachteln in der Mitte von einer 3 cm großen Öffnung durchbohrt war. Diese Schachtel wurde reichlich mit Honig versehen und bleibt über Nacht am Platze.

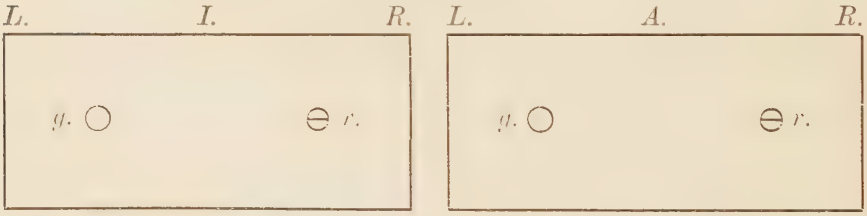
Experiment II.

Am Morgen des nächsten Tages konnte man ungefähr 10 eifrig tätige Bienen an dieser Schachtel zählen. Sie blieb noch 2 Stunden stehen, dann wurde sie in

Experiment III

durch eine andere zweimal größere Glasschachtel ersetzt, deren Vorderseite gleichfalls aus einem hier weißen Pappendeckel bestand, der mit einer 20 qcm großen gelben durchlöcherten Scheibe bekleidet war. Die Bienen schienen diese Veränderung gar nicht zu bemerken und besuchten die neue Schachtel wie vorher die andere.

Experiment IV.



Ein Glasbehälter von 1,20 m Länge, 45 cm Höhe, und 1 m Breite erhielt einen Deckel aus grauem verwittertem Holz, der an einer der breiteren Seiten durch Scharniere beweglich befestigt wurde. Im Deckel wurden rechts und links zwei 3 cm große Öffnungen angebracht, an welche durchsichtige Glasscheibchen zum Schließen angepasst waren. Der Behälter wurde so auf den Tisch gestellt, dass der Deckel nach vorne gerichtet war. Am Deckel befand sich noch eine Einrichtung, die das Aufhängen 20 qcm großer Scheiben, deren Öffnungen genau denen des Deckels entsprachen, ermöglichte.

Es wurde nun in diesen Behälter eine Wabe mit Honig gebracht.

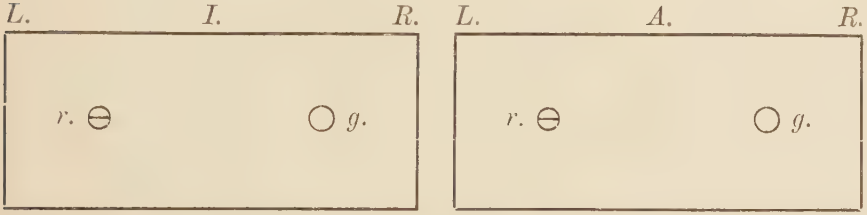
Die rechte Öffnung wurde verschlossen, und außen und innen mit roten Scheiben bedeckt.

Die linke Öffnung blieb frei und erhielt zu beiden Seiten gelbe Scheiben.

Vor Beginn dieses Versuches standen am Tische die stark besuchten Schachteln von Experiment III. An ihre Stelle wurde nun

möglichst rasch der Behälter gebracht. Die zurückkehrenden Bienen schienen von dem Wechsel wenig erstaunt zu sein und flogen in die bekannte Öffnung hinein. Beim Herausfinden entstanden ihnen jedoch gewisse Schwierigkeiten. Sie untersuchten die Vorderwand. Besonders die dunkelrote Scheibe mit der verschlossenen Öffnung zog durch den Kontrast viele Bienen an. Endlich fanden einige von ihnen den richtigen Ausgang; die anderen folgten ihnen sofort, als wären sie durch ein Signal gerufen. (Ich konnte aber durch die Wände des Aquariums die Geräusche im Innern nicht so deutlich wahrnehmen, um entscheiden zu können, ob es nicht ein „Lockruf" war.) Nach 8 Minuten war schon keine Verkehrsstörung mehr vorhanden. Die Bienen kamen und gingen wie immer, wenn sie eingeflogen sind.

Experiment V.

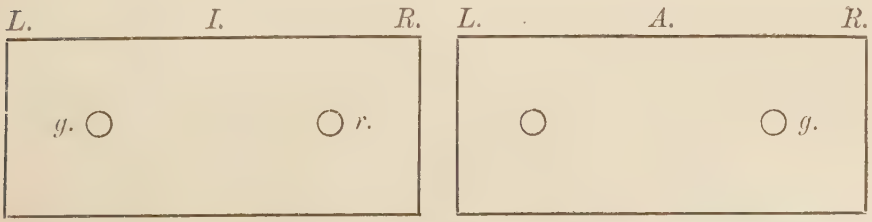


Nach einer Stunde vertauschte ich die beiden gelben Scheiben aus Experiment IV mit den roten Scheiben, die nach links kamen. Die rechte Öffnung wurde frei gelassen, die linke verschlossen. Diese kleine Ortsveränderung störte die Bienen aber durchaus nicht; sie richteten sich beim Ein- und Ausfliegen nach den gelben Scheiben.

Experiment VI.

Nach einer halben Stunde wurde der ganze Behälter nach rechts, also in derselben Richtung verschoben, nach welcher hin die gelben Scheiben in Experiment V ihre Stelle verändert hatten. Die Bienen verhielten sich wie in Experiment V. Der Behälter blieb bis zum Abend ausgestellt. Die Zahl der besuchenden Bienen war bis dahin ungefähr auf 35 gestiegen.

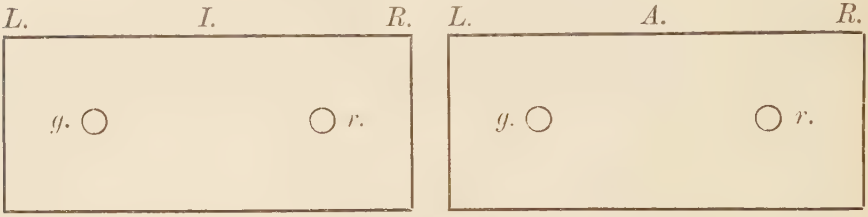
Experiment VII.



Am nächsten Tage um 8^{h} früh wurden schon mehrere Bienen tätig vorgefunden.

Die innere rote und gelbe Scheibe vertauschten nun ihre Plätze, die äußere rote Scheibe wurde entfernt und beide Öffnungen wurden freigelassen. Die ankommenden Bienen flogen ohne Stockung in den Behälter durch die rechte von außen gelb verkleidete Öffnung hinein und kamen durch die linke, von innen gelb verkleidete Öffnung wieder heraus. Innerhalb 10 Minuten Beobachtung fand keine Stockung oder Störung statt.

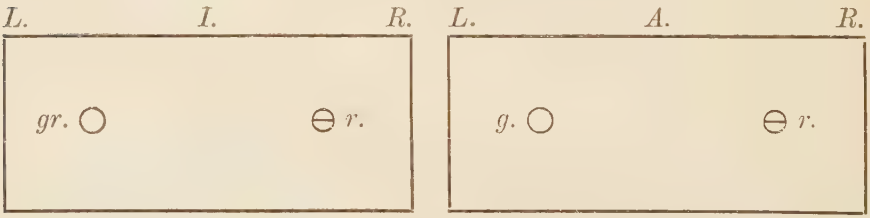
Experiment VIII.



Die äußere gelbe Scheibe kam nun nach links, die rote Scheibe bekleidete die rechte Öffnung. Im Innern blieb die Anordnung von Experiment VII bestehen. Beide Öffnungen lagen frei. Die Bienen flogen innerhalb 10 Minuten Beobachtung nur durch die linke, von innen und außen gelb verkleidete Öffnung.

Die Anordnung wurde in der nächsten halben Stunde beibehalten, die rechte Öffnung aber wurde geschlossen.

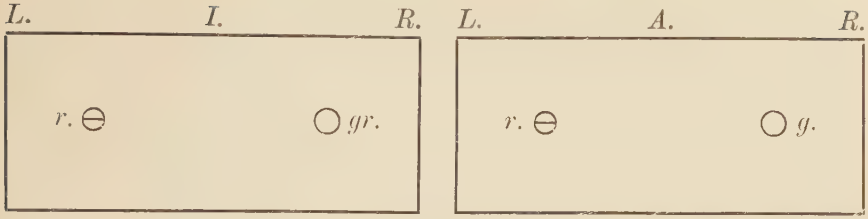
Experiment IX.



An Stelle der inneren gelben Scheibe kam eine grüne Scheibe. In den ersten 5 Minuten sammelte sich eine größere Zahl von meinen im Behälter an und suchte nach dem Ausgang, ohne ihn aufzufinden. Sie wanderten, vorwiegend an der vorderen Seite, ruhelos im Behälter herum und erhielten immer neue Genossen. Erst nach weiteren 5 Minuten, nachdem sich im Behälter bereits ca. 30 Bienen versammelt hatten, fand eine herumschwirrende Biene den Ausgang; ihr folgten sofort andere Bienen. — Nach einiger Zeit kamen sie fast alle auf einmal zurück und flogen ohne weitere Untersuchungen in den Glasbehälter hinein. Beim Herauskommen umflog die Mehrzahl dieser Bienen die Vorderseite des Behälters noch einmal.

Die Anordnung dieses Experiments blieb 3 Stunden lang bestehen.

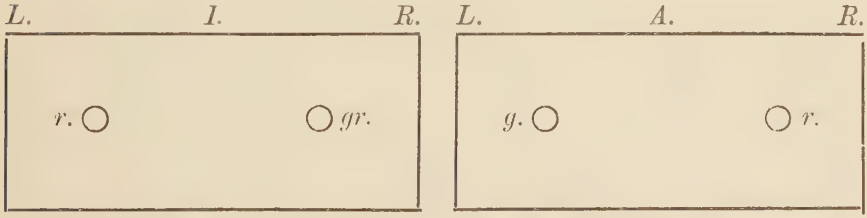
Experiment X.



Die gelbe äußere und die grüne innere Scheibe wurden von links nach rechts verschoben. Die beiden roten Scheiben umkleideten die linke Öffnung, die verschlossen wurde, während die rechte frei blieb.

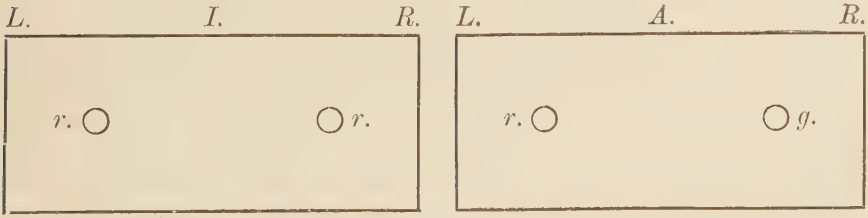
Innerhalb 30 Minuten Beobachtung richteten sich die Bienen beim Hineinfliegen nach der gelben, beim Herausfliegen nach der grünen Farbe.

Experiment XI.



Die inneren Scheiben behielten ihre Lage wie in Experiment X. Die äußeren vertauschten ihre Plätze. Beide Öffnungen lagen frei. Die Bienen flogen durch die linke Öffnung ein, durch die rechte Öffnung heraus.

Experiment XII.



Beide Öffnungen wurden von innen mit roten Scheiben bekleidet. Die äußere Anordnung bleibt die des Experiments XI. Im Behälter findet eine Stockung statt. Die Bienen flogen nach einigem Suchen durch beide Öffnungen heraus, eine etwas größere Zahl konnte jedoch für das Ausfliegen durch die rechte Öffnung konstatiert werden.

Erläuterungen der Experimente.

Serie III.

Nachdem es festgestellt war, dass die Bienen eine Farbe lernen. und sich nach ihr richten können, prüfte ich, inwiefern sie imstande

sein können, dieses Vermögen in einer mehr schwierigen Konstellation von Bedingungen auszunützen. Die nach dieser Richtung hin vorgenommenen Experimente stellte ich abseits von den Stöcken an, um eine zu große Zahl von besuchenden Bienen zu vermeiden. Zuerst wurden die Bienen an einen bestimmten Ort, die künstlichen Objekte und die gelbe Farbe durch längere Übung gewöhnt. Zu diesem Zwecke wurde zuerst die gelbe Scheibe verwendet als eine am wenigsten komplizierte Einrichtung. Dann kam die Pappendeckelschachtel, um die Tiere zum Hineinschlüpfen in einen abgeschlossenen Raum zu veranlassen, ohne sie gleichzeitig in gänzlich ungewöhnliche Verhältnisse, wie es bei sofortiger Anwendung eines Glaskastens mit durchsichtigen Wänden der Fall gewesen wäre, zu setzen. Hierauf wurden nacheinander die beiden Glaskästen von verschiedener Größe angewendet, um die Tiere für die darauffolgenden Versuche an einen im Innern erhellten, viel größeren Kasten von anderer Form stufenweise zu gewöhnen.

Trotzdem entstand beim Herausfliegen aus diesem letzteren eine nicht unbedeutende Verkehrsstockung und die Bienen mussten sich den Ausgang erst suchen. Dies scheint darauf hinzuweisen, dass die Tiere beim Ausfliegen aus den zwei ersten Glaskästen sich nicht nach der Farbe der an den Fluglöchern im Innern der Kästen angebrachten gelben Scheiben richteten, sondern vielleicht nach der relativen Lage des Fluglochs, die sie sich schon von der Pappendeckelschachtel her gemerkt haben konnten. Dies konnte ihnen besonders dadurch ermöglicht worden sein, dass die beiden ersten Glaskästen ebenso wie die Pappendeckelkästen von kubischer Form waren, im Gegensatz zu dem zuletzt in Verwendung gekommenen Behälter von länglicher Form. In diesem versagte die Art von Orientierung, nach der sich die Bienen bis jetzt geleitet hatten und sie waren zu einem neuen Orientierungsflug und zum Aufsuchen von neuen Merkzeichen gezwungen, um den Ausgang aus dem Innern des Kastens zu finden. Die bekannte gelbe Farbe als diejenige, nach der sie sich beim Hinfliegen richteten, konnte ihnen jetzt wiederum als neues Orientierungszeichen am leichtesten einfallen.

Dass es tatsächlich die Farbe und nicht etwa wieder die relative Lage des Flugloches war, zeigen die Experimente (V—VIII). Nach ihnen wäre damit nachgewiesen, dass sich die Bienen beim Verlassen des Glaskastens nach der Farbe richteten. Es bleibt aber noch die Frage zu entscheiden: Muss die im Innern des Behälters angewandte Farbe, die den Bienen als Orientierungszeichen dienen soll, dieselbe sein wie die, die die herbeifliegenden Bienen von außen leitet? Oder wären die Bienen auch imstande, sich zwei verschiedene Farben zu merken, um sich nach der einen Farbe beim Hin-, nach der anderen beim Wegfliegen zu orientieren?

In den Experimenten IX, X, XI, wurde daher im Innern des Kastens eine den Bienen unbekannte Farbe angebracht — die grüne. Die Bienen fanden sich in dieser neuen Situation viel leichter zurecht, als man dies voraussehen konnte, und es unterliegt keinem Zweifel mehr, dass sie nicht nur wie eine mehr oder weniger komplizierte „Reflexmaschine" durch die Farbe beim Nahrungssuchen angelockt werden, sondern sie verstehen auch in anderen, neuen und unerwarteten Verhältnissen ihren Farbensinn als ein Orientierungshilfsmittel auszunützen.

Schluss.

Fassen wir die allgemeinen Resultate der vorliegenden Experimente noch einmal zusammen, so ergibt sich: 1. Die Bienen richten sich nach den Farben, besitzen somit ein Farbenunterscheidungsvermögen. 2. Die Farben gewinnen für die Bienen nur dann eine Bedeutung, wenn sie gelernt hatten, dass gewisse Farben mit irgendwelchen Vorteilen für sie verbunden sind.

Das ganze Benehmen der Tiere trägt den Charakter von zweckmäßigen, gewollten Handlungen, die durch die zuvor mittels des Gedächtnisses gesammelten Erfahrungen und nicht durch beliebige Sinneseindrücke bestimmt werden. Die Bienen sind keine „Reflexmaschinen", und wenn sie eine gewisse farbige Blume besonders gern befliegen, ist dies nicht eine besondere Vorliebe für jene, was wir als reflektorischen Chromotropismus deuten müssten, sondern es ist vielmehr eine Folge der Erfahrungen, die sie zuvor gemacht hatten.

Das sich nach der Farberichten ist somit nur ein sekundäres Orientierungshilfsmittel.

Aus diesem Grunde ist auch die schon von Plateau besonders betonte Beobachtung verständlich, dass es farblose unansehnliche Blumen gibt, die von den Bienen sehr gerne besucht werden, während oft auffallend farbige unbeachtet bleiben.

München, im Juli 1912.

Zur Erklärung der Skizzen zu den Experimenten der Serie III.

Die Skizzen stellen die vordere Wand des Behälters dar.

A. = außen,
I. = innen,
g. = gelb,
r. = rot,
gr. = grün,
L. = links,
R. = rechts,
◯ = Flugloch.
⊖ = geschlossenes Flugloch.

Literaturverzeichnis.

Andreae, Eugen. Inwieferne werden Insekten durch Farbe und Duft der Blumen angezogen? Beih. z. bot. Centralbl., Bd. 15, 1903.

Bethe, A. Dürfen wir Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben? Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 70, 1898.

— Noch einmal über die psychischen Qualitäten der Ameisen. Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 79, 1900.

— Die Heimkehrfähigkeit der Ameisen und Bienen, zum Teil nach neuen Versuchen. Biol. Centralbl., Bd. XXII.

v. Buttel-Reepen, H. Sind die Bienen Reflexmaschinen? Leipzig 1900.

— Die stammesgeschichtliche Entstehung des Bienenstaates, sowie Beiträge zur Lebensweise der solitären und sozialen Bienen. Leipzig 1903.

— Zur Pychologie der Hummeln. Biol. Centralbl., Bd. 27.

— *Apistica*. Weitere Beiträge zur Systematik, Biologie, sowie zur geschlechtlichen und geographischen Verbreitung der Honigbiene etc. Mitt. a. d. zool. Samml. d. Mus. f. Naturk. in Berlin, 1906.

— Psychologische und biologische Beobachtungen an Ameisen, Bienen und Wespen. Naturw. Wochenschr. Jena 1907.

Darwin, Ch., The effects of cross and self Fertilisation in the vegetable kingdom. London 1876.

Errera, L., und Gevaert. Pentstemon gentianoides et Pentstemon Hartwegi. Appendice à „Sur la structure et les modes de fécondation des fleurs", 1878.

Forel, A., Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen und einiger anderer Insekten. München 1901.

— Das Sinnesleben der Insekten München 1910.

Giltay, E. Über die Bedeutung der Krone bei den Blüten und über das Farbenunterscheidungsvermögen der Insekten. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 40, 1904.

Lowell, The color sense of the honey bee. The American Naturalist, Bd. 43, 1909.

— The color sense of the honey bee etc. Ibid. Bd. 44, 1910.

Lubbock, J., Ameisen, Bienen und Wespen. Internat. wissensch. Biblioth., Bd. 57, Leipzig 1883.

— Die Sinne und das geistige Leben der Tiere. Ibid. Bd. 67, 1889.

Müller, H. Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und der gegenseitigen Anpassung beider. Leipzig 1873.

— Versuche über Farbenliebhaberei der Honigbiene. Kosmos, 1882.

Pérez, J. Notes zoologiques. Actes de la soc. Linnéenne, Bd. 47, 1894.

— De l'attraction exercée par les couleurs et les o deurs sur les insectes. Mém. de la soc ds. Sciences phys. et nat. de Bordeaux, 1903.

Plateau, F. L'instinct des insectes peut-il être mis en défant par les fleurs artificielles? Assoc. franç. pour l'avancement des sciences, 1876.

— Recherches expérimentales sur la vision chez les insectes. Bullet. de l'acad. royale de Belgique. Classe des sciences. 3e série, Bd. 10, 1885.

— Recherches expérimentales sur la vision chez les arthropodes I. Bullet. de l'acad royale de Belgique. Classe des sciences, Bd. 14, 1887.

— Dasselbe II. Ibid. Bd. 15, 1888.

— Dasselbe III. Ibid. Bd. 16, 1888.

— Dasselbe IV. Ibid. Bd. 17, 1889.

— Un filet empêche-t-il le passage des insectes? Ibid. Bd. 30, 1895.

— Comment les fleurs attirent les insectes. Ibid. Bd. 30, 1895.

— Dasselbe. Ibid. Bd. 32, 1896.

— Dasselbe. Ibid. Bd. 33, 1897.

— Dasselbe. Ibid. Bd. 34, 1897.

— Nouvelles recherches sur les rapports entre les insectes et les fleurs etc. I. Mém. de la soc. zool. de France, Bd. 11, 1898.

— Dasselbe II. Ibid. Bd. 12, 1899.

— La vision chez l'Anthidium manicatum. Ann. de la soc. entomol. de Belgique. Bd. 43, 1899.

— Nouvelles recherches etc. III. Mém. de la soc. zool. de France, Bd. 13, 1900.

Plateau, F. Expériences sur l'attraction des insectes par les étoffes colorées et les objets brillants. Ann. de la soc. entomal. de Belgique, Bd. 44, 1900.
— Observations sur les phénomènes de la constance chez quelques Hymenoptères. Ibid. Bd. 45, 1901.
— L'ablation des antennes chez les Bourdons et les appréciations d'Auguste Forel. Ibid. Bd. 46, 1902.
— Observations sur les erreurs commises par les hymenoptères visitant les fleurs. Ibid. Bd. 46, 1902.
— Les pavots décorallées et les insectes visiteurs. Bullet. de l'acad. royale de Belgique. Classe des sciences, 1902.
— Les fleurs artificielles et les insectes. Mém. de l'acad. royale de Belgiqique. Classe des sciences, Bd. 1, 1904—1906.
— Note sur l'emploi d'une glace étamée etc. Bull. de l'acad. royale de Belgique, Classe des sciences, 1905.
— Notes sur l'emploi des récipients en verre etc. Ibid. 1905—1906.
— Le Macroglosse etc. Mém. de la soc. entomol. de Belgique, Bd. 12, 1906.
— Les insectes et la couleurs des fleurs. L'année psychologique, Bd. 13, Paris 1907.
— Les insectes ont-ils la mémoire des faits? Ibid. Bd. 15, 1909.
— La pollination d'une orchidée à fleurs vertes etc Bull. de la soc. royale de botanique de Belgique, Bd. 15, 1908.
Sprengel, Chr. Das entdeckte Geheimnis der Natur. 1793.
Turner, Experiments on color-vision of the honey-bee. Biolog. bull. of the marine biol. laboratory Woods Hole, Mass., Bd. 19, 1910.
Weismann, A., Vorträge über Deszendenztheorie. 1904.
Wéry, J. Quelques expériences sur l'attraction des abeilles par les fleurs. Bull de l'acad. royale de Belgique. Classe des sciences, 1904.

Lebenslauf.

Ich, Leo von Dobkiewicz, bin am 1. März 1886 zu Shitomir, Polnisch-Südrussland geboren. Ich werde der römisch-katholischen Konfession zugezählt. Im Jahre 1900 kam ich an das Gymnasium in Kiew. Im Frühjahr 1908 erhielt ich das Absolutorialzeugnis und bezog im Herbst dieses Jahres die Universität München. Hier widmete ich mich dem Studium der Naturwissenschaften, insbesondere der Zoologie. Ich besuchte die Kollegien und Praktika der Herren Professornn und Doktoren R. v. Hertwig, v. Goebel, v. Baeyer, Rothpletz, Pauly, Piloty, Doflein, Goldschmidt, Ebert, Broili und der Herren Privatdozenten Dr. Renner und Dr. v. Frisch.

Im Herbst 1910 nahm ich an einem Kurs an der Biologischen Station zu Roscoff (Bretagne) unter Leitung des Herrn Professor Delage und seines Assistenten Herrn Dr. de Beauchamp teil.

1911 veröffentlichte ich eine Arbeit über „Die Augen der Tiefseegalatheiden“ (Zeitschr. f. wiss. Zoologie), die ich unter der persönlichen Leitung von Herrn Professor Doflein an der systematisch-biologischen Abteilung des zoologischen Instituts München ausgeführt hatte.

1912 bereitete ich die vorliegende Dissertation und eine Abhandlung über den Farbenwechsel der indischen Stabheuschrecken zum Drucke vor.

Allen meinen verehrten Lehrern bin ich zu großem Danke verpflichtet.

Die mündliche Prüfung fand am 13. Juli 1912 statt.